

Л. А. ХМАРА, д. т. н., С. В. ШАТОВ, к. т. н.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ РУЙНУВАНЬ ПОШКОДЖЕНИХ ТА ЗРУЙНОВАНИХ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Актуальність проблеми. Стихійні лиха та техногенні катастрофи, аварії призводять до пошкодження або руйнування будівель і споруд та транспортних мереж. Під завалами зруйнованих об'єктів можуть знаходитися потерпілі. Для розбирання завалів використовуються різноманітні машини та механізми, які залучаються до виконання цих робіт без врахування структури завалів та параметрів уламків. Це призводить до виконання робіт не раціональними засобами механізації за недосконалими технологічними схемами, що збільшує терміни та трудомісткість ведення рятувально – відновлюваних робіт. Крім того, при реконструкціях будівель та споруд, коли виконується розбирання будівельних елементів, виникає потреба у відомостях про їх параметри. Тому створення наукових основ проектування машин для розбирання завалів зруйнованих споруд та для реконструкційних робіт із врахуванням параметрів уламків завалів або будівельних елементів є актуальною науково – технічною проблемою.

Аналіз публікацій. Причинами руйнувань та пошкоджень будівель і споруд є: збільшення навантажень на будівлі та споруди понад нормативних значень; проявлення при їх експлуатації непередбачених проектами впливів на конструкції; зниження у процесі експлуатації характеристик на міцність елементів будівель та споруд від дії вологи, механічного зносу тощо [1, 2, 3, 4, 5]. До непередбачених проектами впливів техногенного характеру на конструкції будівель та споруд слід віднести вибухи. Великі руйнування через вибухи газу відбулись у Дніпропетровську (2007 р.) – загинуло 23 особи, у Євпаторії (2008 р.) – загинуло 27 осіб, а також у 2009 році у Луганську, у 2012 році у Харкові та у 2014 році у Миколаєві. У наслідок вибуху у Миколаєві відбулося руйнування конструкцій трьох верхніх поверхів третьої та четвертої секцій будинку. Було зруйновано 18 квартир та пошкоджено 7 квартир (рис. 1). Значні пошкодження приносять воєнні дії у східній частині України.

При візуальному огляді пошкоджених будинків і споруд спочатку обстежують стан зовнішніх капітальних стін та нависаючих конструкцій (балконів, карнизів), потім оглядають внутрішні приміщення будинку. При цьому робляться обміри, нотатки, схеми, фотографії, використовуються прості прилади [6, 7, 8]. Такі підходи обстеження є небезпечними (можливі обвалення елементів завалів або нестійких конструкцій частково зруйнованих об'єктів), трудомісткими, тривалими та приблизними.

Дослідники Б. Адамс, Ч. Хайк і Р. Егучи (корпорація ImageCat, Лонг-Бич, Каліфорнія), Ф. Ямазаки и М. Естрада (Токійський університет), Ч. Геррінг (компанія DigitalGlobe, Лонгмонт, Колорадо) спільно з Багатофункціональним центром технічних досліджень землетрусів (MCEER, Буффало) і Оклендського інституту технічних досліджень землетрусів (EERI, Каліфорнія) вивчали, як технології дистанційного зондування можуть допомогти в усуненні наслідків землетрусів [9]. Одна з останніх розробок компаній в цьому напрямі - використання знімків із супутників (рис. 2) для аналізу наслідків землетрусу силою 6,8 балу, що відбувся в Алжирі 21 травня 2003 року біля м. Бумердес.

Отримані знімки дозволили проводити спостереження за розчищенням завалів та реконструкцією зруйнованих будівель. На рисунку 2, б показана часова послідовність зображень одного з житлових кварталів на заході міста Бумердес. Перший знімок зроблений до землетрусу. На другому

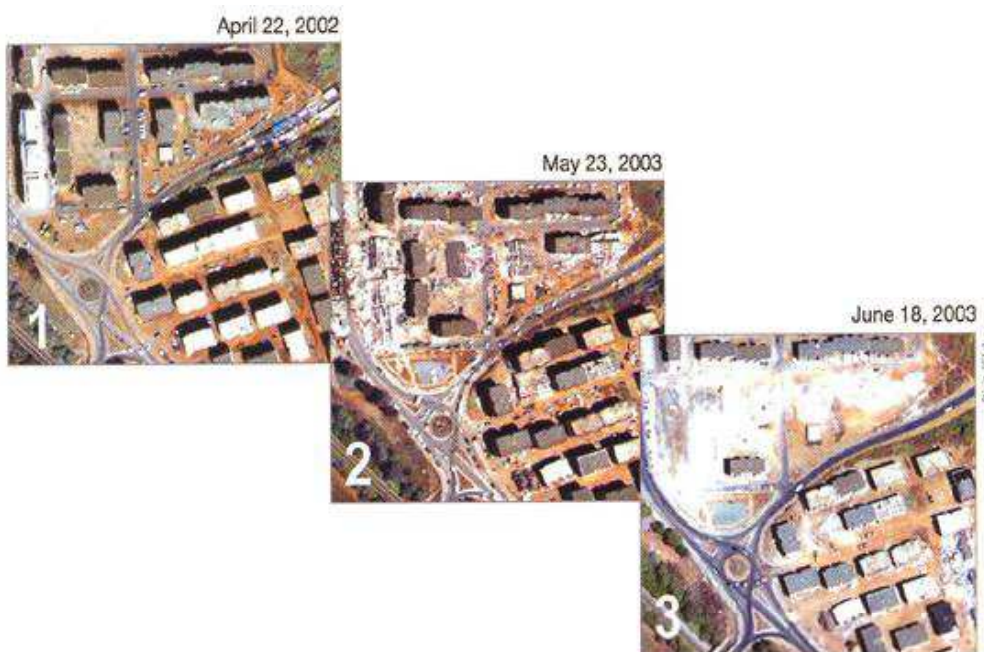


Рис. 1. Наслідки вибуху газу у будинку по вул. Лазурна, 40 у м. Миколаєві.

знімку квартали знаходяться в зруйнованому стані, оточені уламками. На третьому знімку видно результати відновних робіт. На підставі аналізу зображення міста Бумердес встановлені пріоритети в організації та проведенні робіт по розчищенню руйнувань.



а



б

Рис. 2. Фотозйомка супутником QuickBird (а) зруйнованих землетрусом об'єктів у м. Бумердес, Алжир (б): 1. До землетрусу; 2. Після землетрусу (21 травня 2003 р.); 3. Після розбирання руйнувань.

Супутникові зображення є ефективним інструментом для аналізу надзвичайних подій та організації роботами з ліквідації їх наслідків. Недоліками супутникового дистанційного зондування є значна вартість та відсутність даних з аналізу структурного складу завалів зруйнованих будівель та споруд.

Метою досліджень є розробка пропозицій з обстеження пошкоджених будівель та споруд для визначення характеру їх руйнувань та параметрів уламків будівель.

Результати дослідження. Характер і параметри руйнувань будівель і споруд є початковою інформацією для обґрунтованого формування технологічних рішень з їх розбирання. Характер руйнувань будівель визначається:

- архітектурно-конструктивними рішеннями будівлі;
- джерелом техногенної події (потужністю вибуху тощо).

До параметрів руйнувань об'єктів відноситься:

- загальний обсяг та об'єм руйнувань будівлі;
- структура завалів, яка характеризується фракційним складом уламків κ_i , об'ємною масою завалу.

Фракційний склад κ_i уламків завала – це розподіл обсягу уламків за їх об'ємом [10, 11]. Результати формують базу даних з фракційного складу уламків (табл. 1).

Таблиця 1.

Розподіл обсягу уламків зруйнованої будівлі за їх об'ємом

Об'єм уламків, м ³	більше 0,8	0,5...0,8	0,1...0,5	менше 0,1
Обсяг уламків (κ_i), %	*	*	*	*

Примітка: * - визначається дослідженнями.

Найбільш поширені руйнування від вибухів газу отримали будівлі у містах Дніпропетровськ та Євпаторія. У Дніпропетровську вибух газу стався 13 жовтня 2007 року у підвалі та на всіх поверхах третьої секції десятиповерхової панельної чотирьохсекційної будівлі серії І - 464Д – 83 по вул. Мандриківська, 127 (рис. 3) [5].

Джерело вибуху, несправне газове обладнання, знаходилося у підвальному приміщенні третьої секції будинку. Значна потужність вибуху привела до великої руйнації всіх поверхів та покрівлі третьої секції, часткової руйнації четвертої та окремих пошкоджень першої й другої секцій. З восьми прольотів третьої секції чотири мали тільки задні зовнішні стінові панелі, інші конструкції були зруйновані. Інші прольоти третьої секції, крім прольоту, який розташований впритул до четвертої секції, мали різні види руйнувань конструкцій. Проліт, який був впритул до четвертої секції, крім покрівлі, мав усі будівельні елементи. Дослідженнями встановлений обсяг руйнувань кожного прольоту третьої секції (табл. 2).

Найбільші руйнування мали другий, третій, шостий та сьомий прольоти (зліва на право на рисунку 3) – 140...148 м³. Об'єм відокремлених будівельних елементів склав 945 м³, що становило 76% від об'єму 1243 м³ будівельних елементів третьої секції. У першому, четвертому та п'ятому прольотах залишилася частина плит перекриття та простінків.



Рис. 3. Наслідки вибуху газу у будівлі серії І-464Д-83 по вул. Мандриківська, 127 у Дніпропетровську (2007 р.).

Таблиця 2.

Характеристика руйнувань третьої секції будівлі по вул. Мандриківська, 127 у м. Дніпропетровську

Параметр	Прольот (зліва на право)								Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Обсяг відокремлених будівельних елементів у прольоті, %	68	90	95	80	84	95	90	5	-
Обсяг відокремлених елементів 3-ої секції, %	8,5	11,3	11,9	10,0	10,5	11,9	11,3	0,6	76,0
Об'єм відокремлених будівельних елементів, м ³	106	140	148	124	131	148	140	8	945

Залишки елементів третьої секції у будівлі об'ємом 298 м³ (24%) знаходилися у нестійкому положенні й потребували розбирання.

З уламків будівлі утворився завал на місці входу у третій під'їзд. Висота завалу складала 12...15м (на рівні 4-го та 5-го поверхів), а об'єм завала 945 м³. Уламки конструкцій уявляли собою деформовані елементи плит перекриття та панелей. Характер розташування уламків у завалі був хаотичний. Габаритні розміри найбільших уламків складала 6,52 x 2,57 x 0,14 м, а розміри найменших уламків були менше об'єму 0,1 м³ та відповідали будівельному сміттю. Об'ємна маса завалу $\gamma_s = 1,7 \text{ т/м}^3$ (табл. 3).

Будівельні елементи мали об'ємну масу від $1,2 \text{ т/м}^3$ (зовнішні стінові панелі з керамзитом, обсяг яких складав 55%) до $2,4 \text{ т/м}^3$ (залізобетонні конструкції – 45 %).

Таблиця 3.

Визначення об'ємної маси завалу

Параметр	Одн. вимір.	Панелі з керамзитом	Залізобетонні конструкції	Разом
Об'єм	м^3	520	425	945
Обсяг	%	55	45	100
Маса	т	624	1020	1644
Об'ємна маса	т/м^3	1,2	2,4	1,7

Для розробки обґрунтованих рішень з організації і проведенню робіт з розбирання завалу необхідно мати інформацію про фракційний склад завалу - обсяг уламків певного розміру. Попередніми дослідженнями був розроблений метод визначення структурного складу завалів шляхом порівняльного аналізу елементів будівлі [11]. Цим методом визначалися габаритні розміри уламків завалу, що дозволило розрахувати їх об'єм $V_{ул.}$ та масу $m_{ул.}$ (через об'ємну масу їх матеріалу). У ході розбирання завалу аналіз його структури виконувався постійно з метою визначення розміру уламків, які знаходились у середині завалу (рис. 4).



а



б



в



г

Рис. 4. Розбирання завалу по вул. Мандриківська, 127 у Дніпропетровську: а, б – початкові етапи; в, г – проміжні стадії.

Структура завалу третьої секції панельної будівлі, зруйнованої вибухом газу, із вірогідністю 0,9...0,95 наведена у таблиці 4. Ці дані є базою для визначення видів та кількості машин для розбирання подібних завалів.

Таблиця 4.

Розподіл обсягу уламків зруйнованої вибухом газу третьої секції 10-поверхової панельної будівлі за об'ємом та масою елементів

Об'єм/маса уламків	<u>більше 0,8 м³</u> більше 1,7 т	<u>0,5...0,8 м³</u> 1,1...1,7 т	<u>0,1...0,5 м³</u> 0,22...1,1 т	<u>менше 0,1 м³</u> менше 0,22 т
Обсяг уламків (κ_i), %	<u>8...10</u> 8...10	<u>28...30</u> 28...30	<u>36...38</u> 36...38	<u>20...22</u> 20...22

Важливе значення для точності отриманих результатів грає точка, з якою проводиться фотофіксація руйнувань. Найменшу похибку на знімках матимуть уламки, які розташовуються перпендикулярно до осі зйомки апарату. Тому в більшості випадків фотографування завалу доцільно виконувати зверху з декількох точок (рис. 5). Це виконується безпілотним літальним апаратом (квадрокоптером).

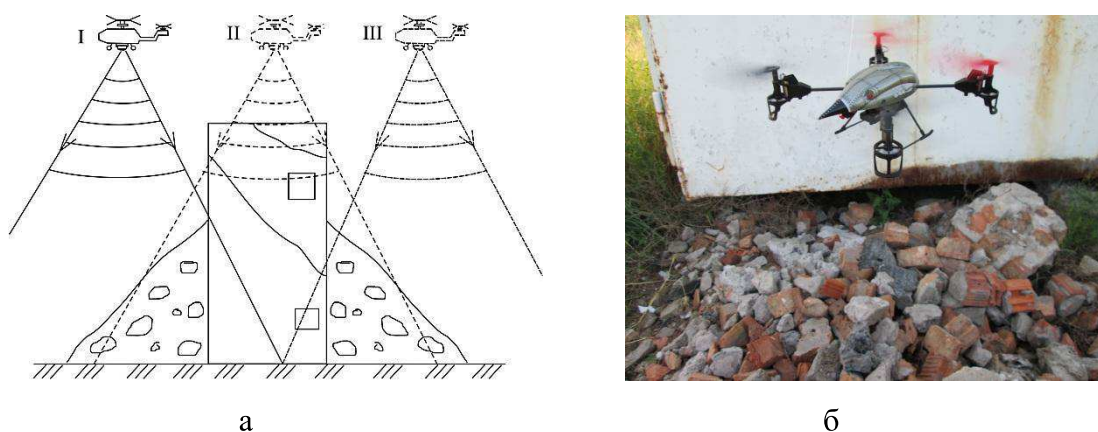


Рис. 5. Фотографування руйнувань безпілотним апаратом: а – схема; б – під час досліджень.

Четверта секція будинку мала деформації покрівлі та верхніх поверхів (рис. 6). Був зруйнований верхній технічний поверх цієї секції: плити перекриття та зовнішні панелі, які залишилися на будинку, були деформовані. Частина цих конструкцій впала під будівлю. У багатьох квартирах четвертої секції були різні види пошкоджень: тріщини, деформації окремих конструкцій. Рішенням Державної комісії з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації було передбачено разом із залишками третьої секції розібрати і четверту секцію будинку.

Перша та друга секції будинку суттєвих пошкоджень, крім розбитого скла, не мали. Це пояснюється направленістю вибуху уверх вздовж третьої секції та

конструктивним рішенням будівлі – дві перші та дві останні секції не мали між собою з'єднань. Тому деформації від третьої секції не передалися на другу секцію.

Результати дослідження руйнувань будинку наведені у таблиці 5.



Рис. 6. Пошкоджена четверта секція будівлі: а – загальний вигляд; б – вигляд зверху.

Таблиця 5.

Результати дослідження руйнувань будинку по вул. Мандриківська, 127

Параметр	Позначення	Одн. вимір.	Будинок	Третя секція
Загальний обсяг руйнувань	K_p	%	28	100
Обсяг завалів	K_{pz}	%	20	76
Обсяг руйнувань будівлі	K_{pb}	%	8	24
Загальний об'єм руйнувань	V_p	м ³	1367	1243
Об'єм завалів	V_{pz}	м ³	1007	945
Об'єм руйнувань будівлі	V_{pb}	м ³	360	298
Об'ємна маса завала	γ_z	т/м ³	-	1,7
Фракційний склад уламків завала	K_i	%	-	табл. 3

Висновки. 1. Візуальне обстеження зруйнованих та пошкоджених будинків і споруд є небезпечним, трудомістким, тривалим і приблизним та має обмежену перспективу в питаннях формування організаційно-технологічних рекомендацій по розбиранню завалів. 2. Розроблений метод визначення структури завалів, який базується на перетворенні зображень руйнувань на фракційний склад уламків, що є початковою інформацією для вибору видів та кількості машин для розбирання завалів. 3. Проведені дослідження руйнувань жилого будинку по вул. Мандриківська, 127 у Дніпропетровську. Визначені основні показники: загальний обсяг руйнувань; обсяг та об'ємна маса завала; фракційний склад уламків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие в 3-х книгах. Книга 1. / Под ред.: К. Е. Кочеткова, В. А. Котляревского и А. В. Забегаева // В. А. Котляревский и др. – М.: АСВ, 1995. – 320 с.
2. Марков А. И. Аварии зданий и сооружений / А. И. Марков, М. А. Маркова. – Запорожье: ООО “НАСТРОЙ”, 2008. – 84 с.
3. Сендеров Б. Аварии жилых зданий / Б. Сендеров. - М.: Стройиздат, 1991. – 216 с.
4. Томас Х. Мак Кейг. Строительные аварии / Томас Х. Мак Кейг. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1967. – 148 с.
5. Мірошніченко М. Вибух газу – “це урок, який повинна засвоїти держава”// Надзвичайна ситуація. – К.: Чорнобильінтерінформ, 2007. – № 10. – С. 8 – 15.
6. Савйовский В. В. Техническая диагностика строительных конструкций зданий / В. В. Савйовский. - Харьков: Форт, 2008. – 560 с.
7. Бойко М. Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий / М. Д. Бойко. - Л.: Стройиздат, 1975. – 336 с.
8. Диагностика и оценка технического состояния строительных конструкций и основания зданий и сооружений. Методические рекомендации / А. Н. Березюк, Н. В. Савицкий и др. - М.: Стройиздат, 1996. – 176 с.
9. Шатов С. В. Організаційно-технологічні рішення початкових етапів розбирання завалів зруйнованих будівель / С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дн-вськ.: ПДАБА, 2011. - № 8. – С. 7 – 13.
10. Хмара Л. А. Використання будівельної техніки для виконання рятувальних та відновлювальних робіт при ліквідації наслідків стихійних лих та аварій / Л. А. Хмара, С. В. Шатов // Будівництво України, К., 2008. - № 5. – С. 34 – 39.
11. Шатов С. В. Визначення параметрів уламків зруйнованих споруд та елементів будівель, які реконструюються / С. В. Шатов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПДАБА, 2011. - № 3. - С. 8 – 14.